

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-008240

(43)Date of publication of application : 12.01.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/3205

H01L 21/31

H01L 21/316

(21)Application number : 09-158621

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 16.06.1997

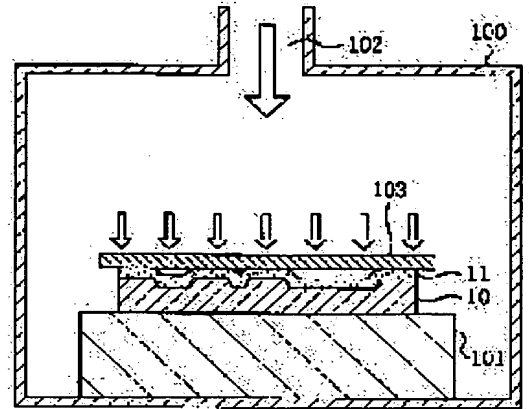
(72)Inventor : MORI YOSHIHIRO

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To level a thin film formed on a semiconductor wafer without causing problems ascribed to a CMP method, such as removal of ions, flaws on the surface, poor throughput, and the like, and without exposing the semiconductor wafer to a temperature of 850° C or higher.

**SOLUTION:** A semiconductor wafer 10 is mounted on a support 101 having a heating means therein and arranged at the bottom of a high-pressure chamber 100. A flexible pressing member is provided on a thin film 11 formed on the semiconductor wafer 10. The semiconductor wafer 10 is heated by the heating means of the support 101 to soften the thin film 11. When a high-pressure inert gas is introduced from a gas inlet portion 102, the pressing member is deformed by the pressure of the inert gas, so as to fit well with the configuration of the warpage of the semiconductor wafer 10, thereby leveling the unevenness of the surface of the thin film 11.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-8240

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月12日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/3205

H 0 1 L 21/88

K

21/31

21/31

A

21/316

21/316

Z

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願平9-158621

(22) 出願日

平成9年(1997) 6月16日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 森 義弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

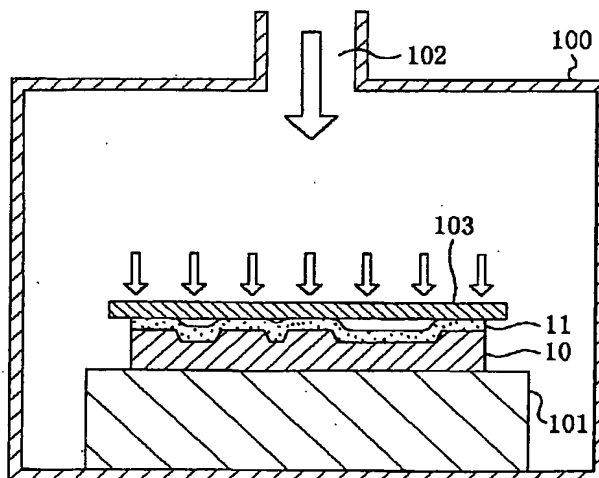
(74) 代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法及び半導体装置の製造装置

(57) 【要約】

【課題】 イオンの除去、表面の傷及び悪いスループット等のCMP法が持つ問題点を招くことなく、また、半導体ウェハを850℃以上の温度に晒すことなく、半導体ウェハの上に形成された薄膜を平坦化できるようにする。

【解決手段】 高圧チャンバー100の底部に設けられ、内部に加熱手段を有する保持台101の上には半導体ウェハ10が載置されている。半導体ウェハ10に形成された薄膜11の上には可撓性を有する押圧部材が設けられている。保持台101の加熱手段により半導体ウェハ10を加熱して薄膜を軟化させると共に、ガス導入部102から高圧の不活性ガスを導入すると、不活性ガスの圧力により、押圧部材は半導体ウェハ10の反った形状に馴染むように変形した後、薄膜11の表面の凹凸を平坦化する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体ウェハ上に形成されており、表面に凹凸を持ち軟化している薄膜を、可撓性を有する押圧部材により押圧することによって、前記薄膜の表面を平坦化する工程を備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】 半導体ウェハ上に形成されており表面に凹凸を持つ薄膜を加熱して、前記薄膜を軟化させる軟化工程と、

加熱された前記薄膜を可撓性を有する押圧部材により押圧して、前記薄膜の表面を平坦化する平坦化工程とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項3】 前記薄膜は絶縁膜又は金属膜であることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】 前記押圧部材は前記薄膜に対して濡れ性を有しない材質よりなることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】 前記平坦化工程は、加熱された前記薄膜を、可撓性を有する押圧部材を振動させながら押圧する工程を含むことを特徴とする請求項2に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項6】 前記平坦化工程は、加熱された前記薄膜を、真空状態において可撓性を有する押圧部材により押圧する工程を含むことを特徴とする請求項2に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項7】 半導体ウェハを保持する保持台と、前記保持台に保持される半導体ウェハの上に形成されており表面に凹凸を有する薄膜を加熱して軟化させる加熱手段と、

前記薄膜の上方に配置される可撓性を有する押圧部材と、

前記押圧部材を前記薄膜に対して押圧する押圧手段とを備えていることを特徴とする半導体装置の製造装置。

【請求項8】 前記押圧部材は、回転可能且つ前記半導体ウェハの表面に沿って平行移動可能に設けられたローラ本体の表面に設けられていることを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の製造装置。

【請求項9】 前記押圧部材は、平面状の薄板よりなることを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の製造装置。

【請求項10】 前記押圧部材は、緩衝部材を介して剛体に保持されていることを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の製造装置。

【請求項11】 前記押圧手段は、前記押圧部材を振動させる手段を有していることを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の製造装置。

【請求項12】 前記保持台及び押圧部材を収納しているチャンバーをさらに備えており、前記押圧部材は、平面状の薄板よりなり、

前記押圧手段は、前記チャンバー内に導入される高圧気体であることを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の製造装置。

【請求項13】 前記保持台及び押圧部材を収納しているチャンバーと、

前記チャンバーの内部を減圧する減圧手段とをさらに備えていることを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体ウェハの上に形成されている薄膜の表面を平坦化する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体基板上に形成される集積回路の大規模化を受け、トランジスタの寸法や配線パターンの微細化が進展している。この微細化に対応するため、リソグラフィ技術の分野においては、露光に使われる光の短波長化とレンズの開口数の向上とが図られており、これに伴って、露光光の焦点深度が浅くなってくる。一方、半導体基板の上に形成された配線金属膜及び該配線金属膜を覆う絶縁膜の表面には小さい凹凸ができてい。このため、トランジスタの寸法や配線パターンの微細化が進むと、配線金属膜や絶縁膜の表面に形成される凹凸の高さと露光光の焦点深度とが同程度になってしまうため、焦点合わせのマージンが極めて小さくなってしま。半導体基板の上に形成されている薄膜の平坦化が必要になってくる。

【0003】従来、ウェハ状の半導体基板（以下、半導体ウェハと称する。）の表面に形成されている薄膜の平坦化方法としては、オゾンTEOS等を用いる自己平坦化CVD法、レジストエッチバック法又はBPSGリフロー法等が用いられてきたが、従来の平坦化方法では、0.25 $\mu$ m以下のデザインルールの半導体ウェハに対しては、平坦化の程度という点で不十分になってきた。すなわち、0.5 $\mu$ mのデザインルールのデバイスでは配線層が2層程度であったが、0.25 $\mu$ m以下、特に0.18～0.13 $\mu$ mのデザインルールになると、配線層が5層程度になっているので、配線層又は絶縁膜よりなる薄膜には一層の平坦性が求められている。このため、従来の平坦化方法では、半導体装置におけるデザインルールの微細化及び配線層の多層化には対応できなくなってきた。

【0004】そこで、化学機械研磨法（以下、CMP法と称する。）と呼ばれる平坦化手法が提案され、実用化された（参考文献：月刊Semiconductor World 1994年1月号58頁～62頁）。ところが、CMP法には、研磨剤に含まれるKOH等のイオンを除去するのに手間がかかること、被研磨膜の表面に細かい傷が形成されてしまうこと、研磨パッドが目詰ま

10

20

30

40

50

りするため研磨パッドの頻繁な交換が必要になること及びスループットが悪いこと等の課題がある。

【0005】そこで、CMP法の課題を改善するために、従来のリフロー技術の改善が提案されている。この改善されたリフロー技術とは、融点を下げるためにホウ素及び燐が混入された二酸化珪素膜を不活性ガス中で高温に晒して軟化させた後、高い圧力を加えて二酸化珪素膜をリフローさせることにより、二酸化珪素膜の表面の凹凸を緩和するものである。

【0006】また、改善されたリフロー技術として、半導体ウェハに振動を加えて薄膜の表面の平坦化を促進するもの（特開平5-304140）、風圧を加えて薄膜の平坦化を促進するもの（特開平2-47854）、又は遠心力を加えて薄膜の平坦化を促進するもの（特開平6-224189）等が提案されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところが、前記の改善されたリフロー技術によると、前述したイオンの除去、表面の傷及び悪いスループット等のCMP法が持つ課題は解決されるが、半導体ウェハの上に形成された薄膜の表面の凹凸の平坦化の程度としては、CMP法を上回することは難しい。その理由は、薄膜の表面の凹凸が或る程度まで小さくなった段階で、表面張力のために平坦化が停止してしまうからである。また、風圧や遠心力を利用する方法では、薄膜の面内において圧力の加わり方が均一になり難いので、平坦度の均一性の確保という点で問題がある。

【0008】もっとも、改善されたリフロー法において、半導体ウェハをより高温、例えば850℃を越える温度に晒すと、半導体ウェハ上の薄膜の表面は平坦化されるが、半導体ウェハをより高温に晒すと、半導体ウェハ上に形成されているトランジスタの特性が劣化するという問題がある。

【0009】前記に鑑み、本発明は、イオンの除去、表面の傷及び悪いスループット等のCMP法が持つ問題点を招くことなく、また、半導体ウェハを850℃以上の温度に晒すことなく、0.25μm以下のデザインルールの半導体ウェハ上に形成されている薄膜の表面を平坦化できるようにすることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するため、本発明は、表面に凹凸を持ち且つ軟化している薄膜を、可撓性を有する押圧部材により押圧することにより、薄膜の表面を平坦化するものである。

【0011】本発明に係る第1の半導体装置の製造方法は、半導体ウェハ上に形成されており、表面に凹凸を持ち軟化している薄膜を、可撓性を有する押圧部材により押圧することによって、薄膜の表面を平坦化する工程を備えている。

【0012】第1の半導体装置の製造方法によると、半

導体ウェハは、密な配線パターンと疎な配線パターンとが混在して形成されていると共に複数の熱処理工程を経ることにより複雑に反っているが、半導体ウェハ上に形成された薄膜を可撓性を有する押圧部材により押圧するため、押圧部材は複雑に沿っている半導体ウェハの形状に沿って馴染みながら変形するので、押圧部材は薄膜の凸部と全面的に接するようになる。また、表面に凹凸を持ち軟化している薄膜が押圧部材により押圧されると、薄膜の凸部を構成する材料は凹部の方に流動する。この場合、押圧部材は薄膜の凸部と全面的に接しているため、薄膜のほぼ全ての凸部を構成する材料が凹部の方に流動する。

【0013】本発明に係る第2の半導体装置の製造方法は、半導体ウェハ上に形成されており表面に凹凸を持つ薄膜を加熱して薄膜を軟化させる軟化工程と、加熱された薄膜を可撓性を有する押圧部材により押圧して記薄膜の表面を平坦化する平坦化工程とを備えている。

【0014】第2の半導体装置の製造方法によると、半導体ウェハ上に形成されており表面に凹凸を持つ薄膜を加熱して薄膜を軟化させるため、薄膜が確実に軟化するので、薄膜の凸部を構成する材料は凹部に向かって確実に流動する。

【0015】第1又は第2の半導体装置の製造方法において、薄膜は絶縁膜又は金属膜であることが好ましい。

【0016】第1又は第2の半導体装置の製造方法において、押圧部材は薄膜に対して濡れ性を有しない材質よりなることが好ましい。

【0017】第2の半導体装置の製造方法において、平坦化工程は、加熱された薄膜を、可撓性を有する押圧部材を振動させながら押圧する工程を含むことが好ましい。

【0018】第2の半導体装置の製造方法において、平坦化工程は、加熱された薄膜を、真空状態において可撓性を有する押圧部材により押圧する工程を含むことが好ましい。

【0019】本発明に係る半導体装置の製造装置は、半導体ウェハを保持する保持台と、保持台に保持される半導体ウェハの上に形成されており表面に凹凸を有する薄膜を加熱して軟化させる加熱手段と、薄膜の上方に配置される可撓性を有する押圧部材と、押圧部材を薄膜に対して押圧する押圧手段とを備えている。

【0020】本発明に係る半導体装置の製造装置によると、保持台に保持される半導体ウェハの上に形成されている薄膜を加熱して軟化させる加熱手段を備えているため、薄膜を確実に軟化させることができる。また、薄膜の上方に配置される可撓性を有する押圧部材と、該押圧部材を薄膜に対して押圧する押圧手段とを備えているため、押圧部材は複雑に沿っている半導体ウェハの形状に沿って馴染みながら変形するので、押圧部材は薄膜の凸部と全面的に接する。

【0021】本発明の半導体装置の製造装置において、押圧部材は、回転可能且つ半導体ウェハの表面に沿って平行移動可能に設けられたローラ本体の表面に設けられている。

【0022】本発明の半導体装置の製造装置において、押圧部材は、平面状の薄板よりなることが好ましい。

【0023】本発明の半導体装置の製造装置において、押圧部材は、緩衝部材を介して剛体に保持されていることが好ましい。

【0024】本発明の半導体装置の製造装置において、押圧手段は、押圧部材を振動させる手段を有していることが好ましい。

【0025】本発明の半導体装置の製造装置は、保持台及び押圧部材を収納しているチャンバーをさらに備えており、押圧部材は平面状の薄板よりなり、押圧手段はチャンバー内に導入される高圧気体であることが好ましい。

【0026】本発明の半導体装置の製造装置は、保持台及び押圧部材を収納しているチャンバーと、チャンバーの内部を減圧する減圧手段とをさらに備えていることが好ましい。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の各実施形態に係る半導体装置の製造装置について図面を参照しながら説明する。

【0028】（第1の実施形態）図1は、第1の実施形態に係る半導体装置の製造装置を示しており、図1に示すように、内部が高圧に保持される高圧チャンバー100の底部には、内部に加熱手段を有する保持台101が設けられている。保持台101の上にはシリコンよりなる半導体ウェハ10が載置されている。また、高圧チャンバー100の上部には、該高圧チャンバー100の内部に窒素やアルゴン等よりなる高圧の不活性ガスを導入するガス導入部102が設けられている。

【0029】半導体ウェハ10の上には、表面に凹凸を有する薄膜11が形成されている。薄膜11の種類は、特に問わないが、例えば、 $\text{SiO}_2$ を主成分とする絶縁膜や銅、アルミニウムを主成分とする金属膜等が挙げられる。

【0030】薄膜11の上には、可撓性を有する押圧部材103が載置されている。可撓性を有する押圧部材103としては、例えば白金、タンタル、タングステン等の高融点金属やサファイヤ等の耐熱性誘電体よりなり、0.2~0.5mm程度の厚さを有する平面状の薄板を用いることができる。

【0031】第1の実施形態に係る半導体装置の製造装置において、保持台101の内部に設けられている加熱手段により半導体ウェハ10を加熱すると共に、ガス導入部102から高圧の不活性ガスを導入すると、押圧部材103は高圧の不活性ガスにより板面内において均一

に上方から加圧される。押圧部材103が不活性ガスにより加圧されると、押圧部材103は、可撓性を有しているので、密な配線パターンと疎な配線パターンとが混在して形成されていると共に複数の熱処理工程を経ることにより複雑に反っている（うねっている）半導体ウェハ10の形状に沿って馴染むように変形した後、半導体ウェハ10上の薄膜11を押圧して平坦化する。

【0032】尚、図示は省略しているが、ガス導入部102に上下方向に移動するピストンを配置して、高圧チャンバー100の内部に導入される高圧の不活性ガスに上下方向の振動を加えるようにしてもよい。

【0033】（第2の実施形態）図2（a）は、第2の実施形態に係る半導体装置の製造装置を示しており、図2に示すように、内部が真空に保持される真空チャンバー200の底部には、内部に加熱手段を有する保持台201が設けられている。保持台201の上にはシリコンよりなる半導体ウェハ10が載置されている。尚、真空チャンバー200の内部を減圧する減圧手段としては、周知のものを採用できるので、図示は省略している。

【0034】半導体ウェハ10の上方には、可撓性を有する押圧部材203が配置されており、該押圧部材203は緩衝部材204を介して剛性の加圧板205に保持されている。加圧板205は上下方向へ移動可能に設けられたシャフト206に固定されており、該シャフト206の途中には振動発生部材207が設けられている。また、シャフト206と真空チャンバー200の壁部との間にはOリング208が設けられており、真空チャンバー200の内部の機密性が確保されている。

【0035】可撓性を有する押圧部材203としては、例えば白金、タンタル、タングステン等の高融点金属やサファイヤ等の耐熱性誘電体よりなる厚さが0.2~0.5mm程度の薄板を用いることができる。

【0036】緩衝部材204としては、多数の金属繊維が機械的に絡まることにより形成された金属繊維よりなる不織布や耐熱性の弾性材等を用いることができる。

【0037】振動発生部材207は、半導体ウェハ10の表面に対して垂直な方向の振動（振幅としては特に限定されないが1 $\mu\text{m}$ 程度が好ましい。）を加圧板205に与えるものであって、具体的には、ピエゾ素子や超音波発生器を用いることができる。

【0038】第2の実施形態に係る半導体装置の製造装置において、保持台201の内部に設けられている加熱手段により半導体ウェハ10を加熱すると共に、シャフト206を降下させると、押圧部材203は緩衝部材204を介して加圧板205により加圧される。この場合、押圧部材203と加圧板205との間に緩衝部材204が介在しているため、可撓性を有している押圧部材203は、緩衝部材204によって面内において均一に上方から加圧されるので、複雑に反っている半導体ウェハ10の形状に沿って馴染むように変形した後、半導体

ウェハ10上の薄膜11を押圧して平坦化する。

【0039】図2(b)は、第2の実施形態の変形例に係る半導体装置の製造装置におけるシャフト206の構造を示しており、図2(a)とは異なり、互いに平行に上下方向へ延びる2本1組のシャフト206における連結部にピエゾ素子や超音波発生器よりなる振動発生部材207が組み込まれている。これにより、振動発生部材207は加圧板205ひいては押圧部材203に対して水平方向の振動を与えることができる。

【0040】(第3の実施形態)図3は、第3の実施形態に係る半導体装置の製造装置を示しており、図3に示すように、内部が真空中に保持される真空チャンバー300の底部には、内部に加熱手段を有する保持台301が設けられている。保持台301の上にはシリコンよりなる半導体ウェハ10が載置されている。

【0041】半導体ウェハ10の上方には、可撓性を有する押圧部材303が配置されており、該押圧部材303は、内部に液体を収納した耐熱性の袋よりなる緩衝部材304を介して剛性の加圧板305に保持されている。加圧板305は上下方向に移動可能に設けられたシャフト306に固定されており、該シャフト306の途中には振動発生部材307が設けられている。また、シャフト306と真空チャンバー300の壁部との間にはリング308が設けられており、真空チャンバー300の内部の機密性が確保されている。

【0042】可撓性を有する押圧部材303としては、例えば白金、タンタル、タングステン等の高融点金属やサファイヤ等の耐熱性誘電体よりなる厚さが0.2～0.5mm程度の薄板を用いることができる。

【0043】尚、緩衝部材304を構成する耐熱性の袋の内部には、液体に代えて高圧の気体を収納してもよい。

【0044】第3の実施形態に係る半導体装置の製造装置において、保持台301の内部に設けられている加熱手段により半導体ウェハ10を加熱すると共にシャフト306を降下させると、可撓性を有している押圧部材303は、緩衝部材304を介して加圧板205により加圧され、面内において均一に上方から加圧されるので、複雑に反っている半導体ウェハ10の形状に沿って馴染むように変形した後、半導体ウェハ10上の薄膜11を押圧して平坦化する。

【0045】(第4の実施形態)図4は、第4の実施形態に係る半導体装置の製造装置を示しており、図4に示すように、内部に加熱手段を有する保持台401の上にはシリコンよりなる半導体ウェハ10が載置されている。

【0046】半導体ウェハ10の上方には、保持台401の表面に沿って平行移動可能で且つ回転可能に設けられたローラ402が設けられている。ローラ402は、平行移動且つ回転可能に設けられたシャフト403と、

該シャフト403の周囲に設けられた緩衝部材404と、該緩衝部材404の周面に沿って設けられた可撓性を有する押圧部材405とから構成されている。

【0047】可撓性を有する押圧部材405としては、例えば白金、タンタル、タングステン等の高融点金属やサファイヤ等の耐熱性誘電体よりなる厚さが0.2～0.5mm程度の薄板を用いることができる。

【0048】緩衝部材404としては、第2又は第3の半導体装置の製造装置と同様、金属繊維が機械的に絡まってなる不織布、耐熱性の弾性材又は内部に液体を収納した耐熱性の袋等を用いることができる。

【0049】第4の実施形態に係る半導体装置の製造装置において、保持台401の内部に設けられている加熱手段により半導体ウェハ10を加熱すると共に、ローラ402を回転させながら該ローラ402により半導体ウェハ10の上に形成されている薄膜11を押圧すると、シャフト403と押圧部材405との間に緩衝部材404が介在しているため、可撓性を有する押圧部材405は、複雑に反っている半導体ウェハ10の形状に沿って馴染むように変形しながら、半導体ウェハ10上の薄膜11を押圧して平坦化する。

【0050】第4の実施形態によると、ローラ402の表面に設けられた押圧部材405により押圧するため、半導体ウェハ10のサイズが大きくなっても容易に対応することができる。

【0051】以下、本発明の各実施形態に係る半導体装置の製造方法について図面を参照しながら説明する。

【0052】(第1の実施形態)第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法として、図1に示す半導体装置の製造装置を用いる場合について説明する。

【0053】半導体ウェハ10を保持台101の内部に設けられている加熱手段により、半導体ウェハ10を薄膜11が軟化する程度の温度例えば500～600℃の温度に加熱すると共に、ガス導入部102から例えば50～100気圧の高圧の不活性ガスをチャンバー100の内部に導入する。

【0054】このようにすると、可撓性を有する押圧部材103は、半導体ウェハ10の反っている形状に馴染むように変形した後、図5に示すように、薄膜11の表面の凸部11aを押圧する。このため、薄膜11の凸部11aを構成する材料は押圧されて凹部11bの方に流動するので、薄膜11の表面は平坦化される。

【0055】第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法によると、可撓性を有する押圧部材103により薄膜11を押圧するため、押圧部材103が半導体ウェハ10の形状に良く馴染むと共に、リフロー法のような高温(例えば800～900℃)でなくても、薄膜11の表面は平坦化される。このように、従来のリフロー法よりも低い温度で薄膜11を平坦化できるため、半導体ウェハ10に注入されている不純物の再拡散を防止できるの

で、トランジスタ特性の劣化を回避することができる。

【0056】半導体ウェハ10を加熱する温度としては、薄膜11が軟化する程度の温度が好ましく、薄膜11を構成する材料、例えば二酸化珪素等の絶縁性材料、又はアルミニウムや銅等の導電性材料の種類に応じて、また、絶縁性材料や導電性材料に添加されている物質の種類に応じて適宜選択することが好ましい。例えば、薄膜11として、ホウ素及びリンが添加された二酸化珪素よりなる絶縁膜を用いる場合には、500～600℃の温度に加熱することが好ましい。

【0057】可撓性の押圧部材103に対する加圧力としては、押圧部材103の材質や厚さ又は薄膜11を構成する材料に応じて適宜選択することが好ましい。

【0058】尚、第1の実施形態においては、保持台101の内部に設けられている加熱手段により半導体ウェハ10を加熱したが、保持台101からの加熱に代えて、又は、保持台101からの加熱に加えて、半導体ウェハ10を上方から図示しないランプ等により加熱したり、ガス導入部102から高温で且つ高圧の不活性ガスを導入することにより加熱してもよい。このようにして、保持台101からの加熱を低減すると、半導体ウェハ10に形成されているトランジスタが受けるダメージが低減する。

【0059】(第2の実施形態) 第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法として、図2(a)又は図3に示す半導体装置の製造装置を用いる場合について説明する。

【0060】保持台201、301の内部に設けられている加熱手段により半導体ウェハ10を例えば500～600℃の温度に加熱すると共に、振動発生部材207、307により上下方向の振動を発生させながらシャフト206、306を降下させて、可撓性の押圧部材203、303により半導体ウェハ10の上に形成されている薄膜11を押圧する。

【0061】このようにすると、可撓性を有する押圧部材203、303は、半導体ウェハ10の反っている形状に馴染んだ後、図6に示すように、上下方向に振動しながら薄膜11の表面の凸部11aを押圧する。このため、薄膜11の凸部11aを構成する材料は、半導体ウェハ10の表面に垂直な方向の振動を与えられながら押圧されるので、薄膜11の凹部11bの方に流動し、薄膜11の表面は平坦化される。

【0062】第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法によると、可撓性を有する押圧部材203、303により薄膜11を押圧するため、押圧部材203、303が半導体ウェハ10の形状に良く馴染むと共に、薄膜11の表面は平坦化される。このように、従来のリフロー法よりも低い温度で薄膜11を平坦化できるため、半導体ウェハ10に注入されている不純物の再拡散を防止できるので、トランジスタ特性の劣化を回避することがで

きる。

【0063】(第3の実施形態) 第3の実施形態に係る半導体装置の製造方法として、図2(a)、(b)に示す半導体装置の製造装置を用いる場合について説明する。

【0064】第3の実施形態は、押圧部材203の振動方向が水平方向である点を除いて、第2の実施形態と同様である。

【0065】保持台201の内部に設けられている加熱手段により半導体ウェハ10を加熱すると共に、振動発生部材207により押圧部材203に水平方向の振動を発生させながらシャフト206を降下させて、可撓性の押圧部材203により半導体ウェハ10の上に形成されている薄膜11を押圧する。

【0066】このようにすると、可撓性を有する押圧部材203は、半導体ウェハ10の反っている形状に馴染んだ後、図7に示すように、水平方向に振動しながら薄膜11の表面の凸部11aを押圧する。

【0067】第3の実施形態に係る半導体装置の製造方法によると、可撓性を有する押圧部材203が半導体ウェハ10の形状に良く馴染むと共に、薄膜11の表面は従来のリフロー法よりも低い温度で平坦化される。

【0068】第3の実施形態においては、押圧部材203に水平方向の振動を加えるため、薄膜11を構成する材料は、押圧部材103との間の静止摩擦力によって半導体ウェハ10の表面と平行な方向に押圧されるので、薄膜11の表面に沿って流動しやすくなる。この場合、押圧部材103と薄膜11とが相対移動することなく、押圧部材103が薄膜11に対して半導体ウェハ10の表面に平行な方向の応力を与える程度の振動を加えることが好ましい。このようにすると、押圧部材103と薄膜11とが互いに擦れ合わないで、薄膜11の表面には擦り傷や欠陥が形成されないと共に、平坦化処理後の薄膜11の平坦性が一層向上する。

【0069】(第4の実施形態) 第4の実施形態に係る半導体装置の製造方法として、図4に示す半導体装置の製造装置を用いる場合について説明する。

【0070】保持台401の内部に設けられている加熱手段により半導体ウェハ10を加熱すると共に、ローラ402を回転させながら半導体ウェハ10の表面に沿って移動させることにより、半導体ウェハ10の上に形成されている薄膜11を押圧する。この場合、ローラ402を半導体ウェハ10の表面に沿って複数回往復運動させることが好ましい。このようにすると、薄膜11の凸部はローラ402の進行方向に、つまり前後方向に複数回押圧されて薄膜11の凹部に流動するので、薄膜11の表面は平坦化される。

【0071】第4の実施形態に係る半導体装置の製造方法によると、可撓性を有する押圧部材405が半導体ウェハ10の形状に良く馴染むと共に、薄膜11の表面は



従来のリフロー法よりも低い温度で平坦化される。

【0072】尚、保持台401又はローラ402を上下方向又は水平方向に振動させながら、該ローラ402により薄膜11を押圧してもよい。このようにすると、第2又は第3の実施形態と同様、薄膜11の平坦度が向上する。

【0073】また、保持台401による加熱に代えて、又は、保持台401による加熱に加えて、ローラ402により薄膜11を加熱してもよい。このようにすると、薄膜11に対して表面から加熱できるので、薄膜11の加熱に要する総熱量を低減できると共に半導体ウェハ10に形成されているトランジスタの特性の劣化を防止できる。

【0074】以下、本発明に係る薄膜の平坦化技術が実際の半導体装置のプロセスに適用される場合について図面を参照しながら説明する。

【0075】図8(a)、(b)は、絶縁膜よりなる薄膜11が、半導体ウェハ10の上に形成された0.25μm以下のデザインルールを持つ金属配線12の上に全面に亘って堆積されている場合についての平坦化プロセスを示している。

【0076】まず、図8(a)に示すように、金属配線12が形成された半導体ウェハ10の上に全面に亘って絶縁膜よりなる薄膜11を堆積すると、金属配線12が密に配置されたパターン領域においては、薄膜11の表面に小さい凹凸部が形成される一方、金属配線12が疎に配置されたパターン領域においては、金属配線12の上側のみが凸状になり他の部分には緩やかで且つ大きい凹部が形成される。

【0077】次に、第1～第4の実施形態の方法を用いて薄膜11を平坦化すると、図8(b)に示すように、密な配線パターン領域においては全体に亘って平坦になるが、疎な配線パターン領域においては金属配線12同士の間に残り且つ大きい凹状部が形成される。ところが、剛性を有する押圧部材により薄膜11を押圧すると、疎な配線パターン領域においては薄膜11に押圧部材により押圧されない部分が生じてしまうため、薄膜11に対する精度の高い平坦化が困難であるが、可撓性を有する押圧部材により薄膜11を押圧すると、疎な配線パターン領域においても薄膜11は確実に平坦化される。従って、本発明に係る半導体装置の製造方法によると、0.25μm以下のデザインルールを持つ配線パターンの上に形成された絶縁膜に対しても高精度に平坦化できる。

【0078】図9(a)～(c)は、半導体ウェハ10の上に形成された絶縁膜13に埋め込み配線を形成するプロセスを示している。

【0079】まず、図9(a)に示すように、金属配線形成領域に開口部を有する絶縁膜13が形成された半導体ウェハ10の上に全面に亘って金属膜よりなる薄膜1

1を堆積した後、第1～第4の実施形態の方法を用いて薄膜11を平坦化すると、図9(b)に示すように、薄膜11は平坦化される。

【0080】次に、薄膜11に対して全面エッチバックを行なうと、図9(c)に示すように、絶縁膜13内に金属膜よりなる埋め込み金属配線14が形成される。

【0081】尚、第1～第3の実施形態に係る半導体装置の製造方法においては、押圧部材103、203、303の大きさは半導体ウェハ10の大きさよりもひとまわり大きかったが、これに代えて、押圧部材103、203、303を半導体ウェハ10よりも小さく設けておき、押圧する部位を変えながら複数回押圧するようにしてもよい。

【0082】以下、本発明に係る半導体装置の製造方法の特徴について、図面を参照しながら説明する。

【0083】図10(a)、(b)は、本発明に係る半導体装置の製造方法の比較例を示しており、剛性を有する押圧部材110を用いて薄膜11を押圧して平坦化する状態を示している。前述したように、半導体ウェハ10の上には密な配線パターンと疎な配線パターンとが形成されていたり、複数の熱処理工程を経たりすることにより、半導体ウェハ10の形状はうねるように複雑に反っている。このため、図10(a)に示すように、剛性を有する押圧部材110を用いて薄膜11を押圧すると、薄膜11には、押圧部材110と接する部位と接しない部位とができる。このため、図10(b)に示すように、押圧後の薄膜11には、膜厚の小さい部位と大きい部位とができてしまう。

【0084】図11(a)、(b)は、可撓性を有する押圧部材103を用いて薄膜11を押圧する状態を示している。押圧部材103が可撓性を有していると、押圧部材103は半導体ウェハ10の形状に沿って変形し全面に亘って薄膜11に接した状態で薄膜11を押圧する。このため、図11(b)に示すように、押圧後の薄膜11は半導体ウェハ10の形状に沿って平坦になる。従って、本発明に係る半導体装置の製造方法によると、薄膜11は1μmを大きく下回る寸法で平坦化される。

【0085】図12(a)～(c)は、第2又は第3の実施形態のように、真空チャンバー200、300の内部において可撓性を有する押圧部材203、303を用いて薄膜11を押圧する状態を示している。

【0086】まず、図12(a)に示すように、表面に凹部を有する薄膜11を可撓性を有する押圧部材203、303により押圧すると、図12(b)に示すように、薄膜11の凹部は球状部に変化する。ところが、真空チャンバー200、300の内部において真空状態で押圧部材203、303により薄膜11を押圧するため、図12(c)に示すように、薄膜11の球状部は消えて無くなるので、薄膜11にはボイドが形成されない。

【0087】以下、本発明に係る半導体装置の製造方法の特徴について、従来から知られている他の技術分野における平坦化技術と比較しながら説明する。

【0088】例えば、特開平2-199790号公報には、エレクトロルミネセンス表示素子の製造方法として、グリーンシートが軟化する温度下で互いに平行な一対の加圧板により内部パターン電極を平坦化する技術が示されているが、剛性の加圧板を用いて押圧する点及び軟化する対象がグリーンシートである点において、本発明と異なる。また、特開平5-93806号公報には、カラーフィルターの製造方法として、透明基板の上に形成されたオーバーコート層を押さえ板により押圧して平坦化する技術が示されているが、剛性の押さえ板を用いて押圧する点及び軟化する対象が透明基板である点において、本発明と異なる。また、これらの公報に示されている方法では、薄膜を1μm以下の程度に平坦化することは不可能である。

【0089】また、特開平8-227887号公報には、半導体装置の製造方法として、軟化したPSG膜をローラにより平坦化する技術が示されているが、剛性のローラを用いて押圧する点において本発明と異なる。

【0090】

【発明の効果】本発明に係る第1の半導体装置の製造方法によると、可撓性を有する押圧部材が複雑に反っている半導体ウェハの形状に沿って馴染みながら変形するため、押圧部材は薄膜の凸部と全面的に接するので、薄膜のほぼ全ての凸部を構成する材料が凹部の方に流動して、薄膜の表面は極めて平坦な状態に平坦化される。

【0091】また、軟化している薄膜を押圧部材により押圧するため、押圧部材により押圧しない場合に比べて、薄膜の温度は低くてよいので、半導体ウェハ上に形成されているトランジスタの特性が劣化する事態を防止できる。

【0092】本発明に係る第2の半導体装置の製造方法によると、半導体ウェハ上に形成されており表面に凹凸を持つ薄膜を加熱して薄膜を軟化させるため、薄膜が確実に軟化し、薄膜のほぼ全ての凸部を構成する材料が凹部の方へ確実に流動するので、薄膜の表面は一層平坦な状態に平坦化される。

【0093】第1又は第2の半導体装置の製造方法において、薄膜が絶縁膜又は金属膜であると、半導体ウェハ上に形成されている絶縁膜又は金属膜の表面を、半導体ウェハ上に形成されているトランジスタの特性を劣化させることなく、極めて平坦な状態に平坦化することができる。

【0094】第1又は第2の半導体装置の製造方法において、押圧部材が薄膜に対して濡れ性を有しない材質よりなると、押圧部材は薄膜と接しても薄膜に付着しないので、薄膜の凸部を構成する材料を凹部の方に確実に流動させることができる。

【0095】第2の半導体装置の製造方法において、押圧部材を振動させながら薄膜を押圧すると、押圧部材の質量に基づく慣性力が薄膜の凸部に作用するため、薄膜の凸部の凹部への流動が促進されるので、平坦化の程度が向上すると共に平坦化に要する時間を短縮できる。

【0096】第2の半導体装置の製造方法において、薄膜を真空状態において押圧部材により押圧すると、薄膜の凸部を構成する材料が凹部の方に流動する際に周囲の気体を巻き込まないので、薄膜中にボイドが形成される事態を防止できる。

【0097】本発明に係る半導体装置の製造装置によると、加熱手段により半導体ウェハの上に形成されている薄膜を加熱して軟化させた状態で、押圧手段により可撓性を有する押圧部材を薄膜に対して押圧できるため、押圧部材は複雑に反っている半導体ウェハの形状に沿って馴染みながら変形して軟化している薄膜を押圧するので、薄膜のほぼ全ての凸部を構成する材料が凹部の方へ流動し、薄膜の表面は極めて平坦な状態に平坦化される。

【0098】本発明の半導体装置の製造装置において、押圧部材が、回転可能且つ半導体ウェハの表面に沿って平行移動可能に設けられたローラ本体の表面に設けられていると、ローラ本体を回転させながら半導体ウェハの表面に沿って平行移動させることにより、薄膜を押圧できるため、薄膜の凸部を構成する材料をローラ本体の移動方向に流動させることができるので平坦化に要する時間を短縮できると共に、半導体ウェハが大型化しても対応することができる。

【0099】本発明の半導体装置の製造装置において、押圧部材が平面状の薄板よりなると、薄膜の表面を同時に押圧することが可能になる。

【0100】本発明の半導体装置の製造装置において、押圧部材が緩衝部材を介して剛体に保持されていると、剛体を薄膜の方に移動させて押圧部材により薄膜を押圧できると共に、緩衝部材が可撓性を有する押圧部材の変形に追従して変形するので押圧部材には均等に押圧力が作用する。

【0101】本発明の半導体装置の製造装置において、押圧手段が押圧部材を振動させる手段を有していると、押圧部材を振動させながら薄膜に対して押圧できるため、押圧部材の質量に基づく慣性力が薄膜の凸部に作用するので、薄膜の凸部の凹部への流動が促進され、平坦化の程度が向上すると共に平坦化に要する時間を短縮できる。

【0102】本発明の半導体装置の製造装置が、保持台及び押圧部材を収納しているチャンバーを備え、該チャンバー内に導入される高圧気体により可撓性を有する平面状の押圧部材を押圧すると、簡易且つ確実に可撓性を有する押圧部材に対して均等に押圧力を加えることができる。

【0103】本発明の半導体装置の製造装置が、保持台及び押圧部材を収納しているチャンバーと、チャンバーの内部を減圧する減圧手段とを備えていると、薄膜を真空状態において押圧部材により押圧できるため、薄膜の凸部を構成する材料が凹部の方に流動する際に周囲の気体を巻き込まないので、薄膜中にボイドが形成される事態を防止できる。

【0104】従って、本発明によると、イオンの除去、表面の傷及び悪いスループット等のCMP法が持つ問題を招くことなく、また、半導体ウェハを850℃以上10の高温に晒すことなく、0.25μm以下のデザインルールの半導体ウェハの上に形成されている薄膜の表面を確実に平坦化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の製造装置の断面図である。

【図2】(a)は本発明の第2の実施形態に係る半導体装置の製造装置の断面図であり、(b)は第2の実施形態の変形例に係る半導体装置の製造装置のシャフト近傍を示す断面図である。20

【図3】本発明の第3の実施形態に係る半導体装置の製造装置の断面図である。

【図4】本発明の第4の実施形態に係る半導体装置の製造装置の断面図である。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法の平坦化工程を示す断面図である。

【図6】本発明の第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法の平坦化工程を示す断面図である。

【図7】本発明の第3の実施形態に係る半導体装置の製造方法の平坦化工程を示す断面図である。30

【図8】(a)、(b)は、本発明に係る半導体装置の製造方法を、0.25μm以下のデザインルールの金属配線の上に形成された絶縁膜を平坦化するプロセスに適用した場合の断面図である。

【図9】(a)～(c)は、本発明に係る半導体装置の製造方法を、絶縁膜に埋め込み配線を形成するプロセスに適用した場合の断面図である。

【図10】(a)、(b)は、本発明に係る半導体装置

の製造方法の比較例を示す断面図である。

【図11】(a)、(b)は、本発明に係る半導体装置の製造方法の作用を示す断面図である。

【図12】(a)～(c)は、本発明に係る半導体装置の製造方法の作用を示す断面図である。

【符号の説明】

10 半導体ウェハ

11 薄膜

11a 凸部

11b 凹部

12 金属配線

13 絶縁膜

14 埋め込み配線

100 高圧チャンバー

101 保持台

102 ガス導入部

103 押圧部材

200 真空チャンバー

201 保持台

203 押圧部材

204 緩衝部材

205 加圧板

206 シャフト

207 振動発生部材

208 Oリング

300 真空チャンバー

301 保持台

303 押圧部材

304 緩衝部材

305 加圧板

306 シャフト

307 振動発生部材

308 Oリング

401 保持板

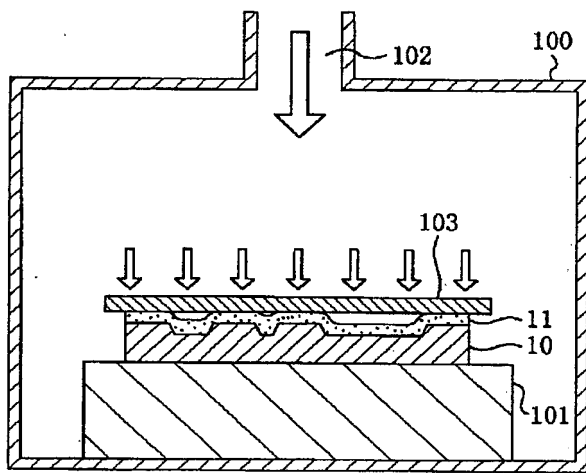
402 ローラ

403 シャフト

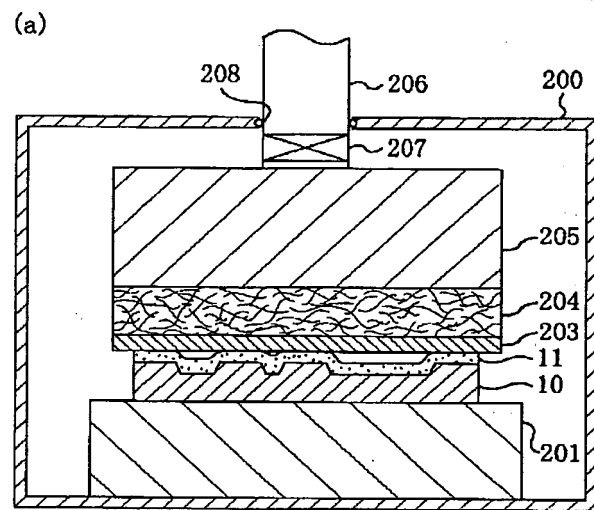
404 緩衝部材

405 押圧部材

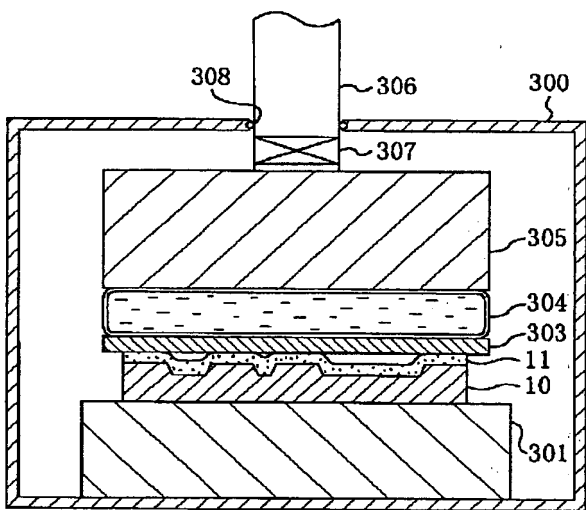
【図 1】



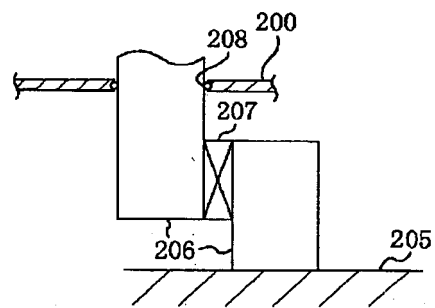
【図 2】



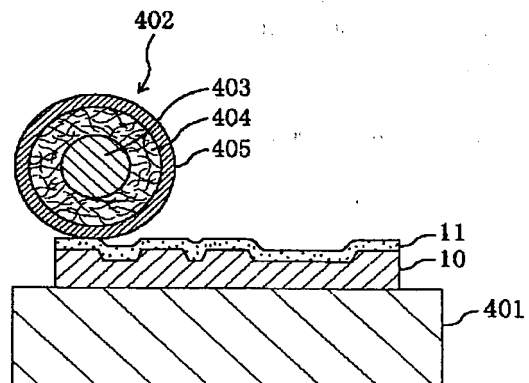
【図 3】



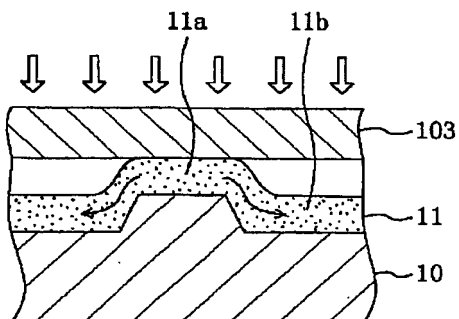
(b)



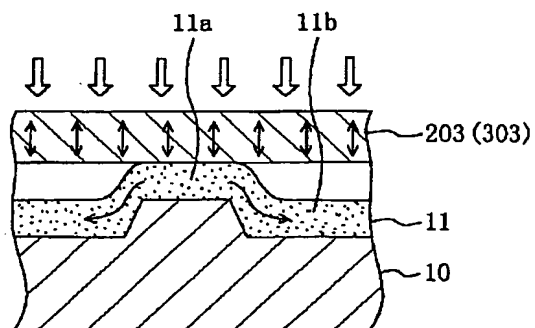
【図 4】



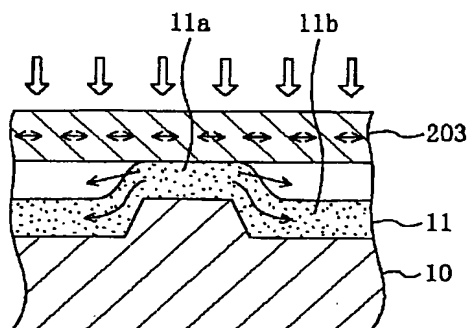
【図 5】



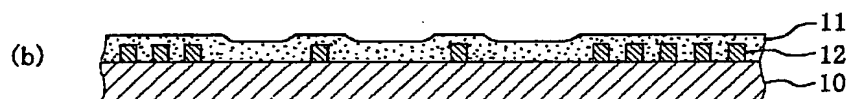
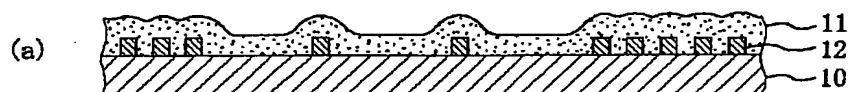
【図6】



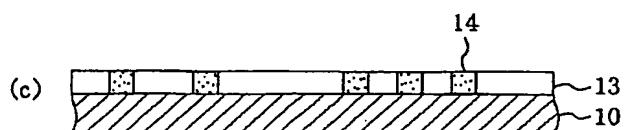
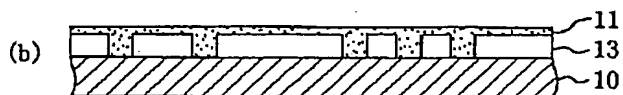
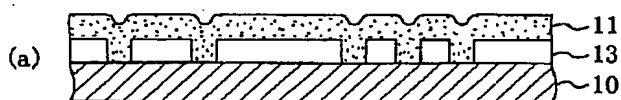
【図7】



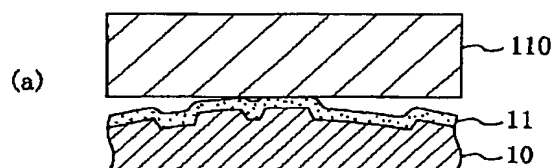
【図8】



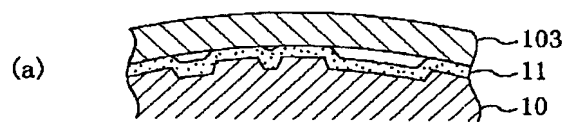
【図9】



【図10】



【図 11】



【図 12】

